

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 669 941

(21) N° d'enr. gisrement national :

90 15126

(51) Int Cl⁵ : D 04 H 18/00, 5/02; B 32 B 1/10, 7/08

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 03.12.90.

(71) Demandeur(s) : SOCIETE EUROPEENNE DE
PROPULSION Société anonyme — FR.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 05.06.92 Bulletin 92/23.

(72) Inventeur(s) : Olry Pierre et Dupont Philippe.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

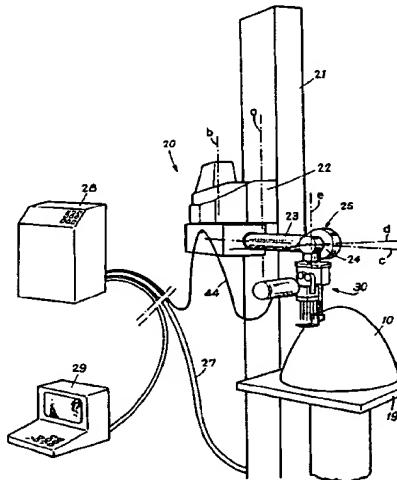
(73) Titulaire(s) :

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(74) Mandataire : Cabinet Beau de Loménie.

(54) Installation pour la réalisation de préformes fibreuses aiguilletées destinées à la fabrication de pièces en matériau composite.

(57) L'installation comporte un outillage de support (10) dont la forme correspond à celle de la préforme à réaliser et sur lequel peuvent être drapées en couches superposées des strates d'une texture fibreuse bidimensionnelle, une tête d'aiguilletage (30) comprenant un groupe d'aiguilles, un dispositif d'entraînement des aiguilles en mouvement alternatif de translation parallèlement à elles-mêmes, et une plaque d'appui, munie de perforations pour le passage desaiguilles, et susceptible d'être appliquée avec pression contre une strate drapée sur l'outillage de support, un bras (25) portant la tête d'aiguilletage et possédant plusieurs degrés de liberté, et un dispositif (28) de commande automatique de déplacement du bras pour mouvoir la tête d'aiguilletage, dans le rayon d'action du bras, suivant des trajectoires et avec des orientations prédéterminées.



FR 2 669 941 - A1



Installation pour la réalisation de préformes fibreuses aiguilletées destinées à la fabrication de pièces en matériau composite.

05 L'invention se rapporte d'une façon générale à l'élaboration de pièces en matériau composite constitué d'un renfort fibreux densifié par une matrice. Plus précisément, l'invention concerne la réalisation de renfort fibreux constituant une préforme fibreuse aiguilletée dont la forme correspond sensiblement à celle de la pièce à fabriquer.

10 Un domaine particulier, mais non exclusif, d'application de l'invention est la réalisation de préformes pour des pièces en matériau composite thermostructural. Un tel matériau est caractérisé par des performances mécaniques élevées et par la capacité de conserver ces performances jusqu'à haute température. Des matériaux 15 composites thermostructuraux typiques sont les composites carbone/ carbone (C/C) à renfort en fibres de carbone et matrice carbone et les composites à matrice céramique (CMC) généralement à renfort en fibres de carbone ou céramique.

20 Un procédé connu pour la réalisation de préformes fibreuses consiste à superposer des strates en une texture fibreuse bidimensionnelle, telle qu'un tissu ou un feutre, et à lier les strates entre elles par aiguilletage. En effet, pour une pièce devant subir des contraintes mécaniques ou thermomécaniques élevées, une liaison entre les strates de la préforme est souhaitable pour éviter un endommagement ou une destruction de la pièce 25 par délamination, c'est-à-dire séparation entre deux strates.

Les documents FR-A-2 557 550, FR-A-2 584 106 et FR-A-2 584 107 décrivent des procédés et installations pour la 30 fabrication de préformes fibreuses aiguilletées, respectivement des préformes axisymétriques non cylindriques, des préformes formées de strates empilées à plat et des préformes cylindriques de révolution. Selon ces documents, les préformes sont constituées par plusieurs couches bobinées ou superposées formées par un ruban ou une bande de tissu. Au fur et à mesure de la constitution de la 35 préforme, chaque nouvelle couche est aiguilletée sur la structure

sous-jacente en utilisant un ensemble d'aiguilles qui s'étend sur toute la largeur du ruban ou de la bande de tissu.

Les procédés et installations précités conviennent pour la réalisation de préformes dont la forme générale est relativement simple, mais sont inutilisables pour des formes plus compliquées.

Aussi, la présente invention a pour but de fournir une installation qui ne présente pas une telle limitation et qui, par conséquent, permet de réaliser des préformes fibreuses de forme complexe.

10 Ce but est atteint au moyen d'une installation comportant, conformément à l'invention :

15 - un outillage de support dont la forme correspond à celle de la préforme à réaliser et sur lequel peuvent être drapées en couches superposées des strates d'une texture fibreuse bidimensionnelle,

20 - une tête d'aiguilletage comprenant un groupe d'aiguilles, un dispositif d'entraînement des aiguilles en mouvement alternatif de translation parallèlement à elles-mêmes, et une plaque d'appui, munie de perforations pour le passage des aiguilles, et susceptible d'être appliquée avec pression contre une strate drapée sur l'outillage de support,

25 - un bras portant la tête d'aiguilletage et possédant plusieurs degrés de liberté, et

30 - un dispositif de commande automatique de déplacement du bras pour mouvoir la tête d'aiguilletage, dans le rayon d'action du bras, suivant des trajectoires et avec des orientations pré-déterminées.

Une caractéristique essentielle de l'invention consiste dans le montage de la tête d'aiguilletage sur un bras ayant de préférence au moins six degrés de liberté, un bras pouvant désigner ici non seulement un bras de robot, mais aussi une broche porte-outil d'une machine d'usinage à commande numérique, et plus généralement tout organe capable de porter la tête d'aiguilletage et ayant plusieurs degrés de liberté. Par conséquent, après drapage d'une strate sur l'outillage de support, cette strate peut être

aiguilletée en faisant décrire à la tête d'aiguilletage des trajectoires prédéterminées pour couvrir toute la surface de la strate. En outre, l'orientation de la tête est ajustable, pour chacune de ses positions, afin d'être adaptée au profil de la strate drapée.

05 Selon une autre caractéristique de l'invention, la tête d'aiguilletage est munie d'une plaque d'appui perforée pour pouvoir être traversée par les aiguilles. La plaque d'appui remplit une fonction de maintien, analogue à celle d'un pied de biche de machine à coudre, pour maintenir en place la strate en cours 10 d'aiguilletage. La plaque d'appui, en étant appliquée avec pression contre la strate aiguilletée, assure en outre un compactage de la préforme qui améliore l'aiguilletage, d'où une augmentation de la résistance au cisaillement interlaminaire (c'est-à-dire parallèlement aux strates). De plus, la plaque d'appui remplit une fonction 15 de débourrage en retenant des fibres qui pourraient être entraînées par les aiguilles lorsque celles-ci sortent de la préforme.

Un mode de réalisation d'une installation conforme à l'invention sera maintenant décrit, à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

20 - la figure 1 est une vue générale d'une installation d'aiguilletage conforme à l'invention ;
- les figures 2 et 3 sont des vues montrant à échelle agrandie la tête d'aiguilletage de l'installation de la figure 1 ; et
25 - les figures 4 et 5 illustrent le fonctionnement de l'installation de la figure 1.

La figure 1 montre schématiquement une installation d'aiguilletage comprenant un outillage de support 10 fixé sur une table 19 pour recevoir les strates de la préforme fibreuse à 30 aiguilleter, un robot 20 avec son unité de commande 28 reliée à une console d'opérateur 29, et une tête d'aiguilletage 30 fixée à l'extrémité du bras 25 du robot 20.

Le robot 20 avec son unité de commande 28 est constitué par toute machine programmable commercialement disponible offrant

six degrés de liberté à l'extrémité du bras, par exemple la machine proposée sous la référence RS 156 par la société française Staübli.

Dans l'exemple illustré, le robot 20 comprend une colonne 21 le long de laquelle un support 22 est mobile verticalement (suivant axe a) tout en pouvant tourner autour d'un axe vertical (également l'axe a). Sur le support 22 est articulée (autour d'un axe vertical b) une tige 23. La combinaison des trois mouvements de translation suivant l'axe a, de rotation autour de l'axe a et de rotation autour de l'axe b, permet d'amener l'extrémité du bras du robot en toute position de l'espace située dans le rayon d'action du robot.

La tige 23 porte à son extrémité une triple articulation 24 qui, avec la tige 23, forme le bras de robot 25. La triple articulation 24 permet d'orienter l'extrémité du bras de robot dans toute direction de l'espace par combinaison de trois mouvements de rotation autour de l'axe horizontal c de la tige 23 (ou d'un axe parallèle à celui-ci), d'un axe horizontal d perpendiculaire à l'axe c et d'un axe vertical e perpendiculaire aux axes c et d.

Les moteurs (non représentés) permettant d'effectuer les déplacements suivant les six degrés de liberté précités sont commandés par des signaux produits par l'unité de commande 28 à laquelle le robot est relié par un câble souple 27.

Un accroissement du volume au sein duquel le robot peut intervenir est possible en fixant l'outillage 10 sur une table déplaçable, par exemple au moins suivant deux axes horizontaux orthogonaux X et Y. D'autres degrés de liberté pourraient être conférés à la table, par exemple en rotation autour d'un axe vertical et en pivotement autour d'un axe horizontal. Les mouvements de la table sont alors commandés par des signaux produits par l'unité de commande 28, afin d'être coordonnés avec ceux du bras de robot pour amener la tête d'aiguillage en position voulue par rapport à l'outillage de support.

Comme le montrent plus en détail les figures 2 et 3, la tête d'aiguillage 30 comprend un ensemble d'aiguilles 31 parallèles en elles et fixées à une pièce porte-aiguilles 32. Cette

dernière est animée d'un mouvement alternatif en translation, parallèlement aux aiguilles, au moyen d'un système 33 à double bielle-manivelle. Les manivelles sont solidaires de roues 34, 35 entraînées en rotation en sens inverses. A cet effet, les roues 34, 05 35 sont montées sur des axes portant des pignons sur lesquels passe une courroie crantée 36. La courroie 36 est entraînée par un pignon monté sur l'arbre de sortie 37 d'un moteur électrique 38.

Les axes des roues 34, 35 et le moteur 37 sont portés par une platine 39 de support de la tête d'aiguilletage, qui est fixée 10 à l'extrémité du bras 25.

La platine 39 porte en outre une plaque d'appui perforée 40. Celle-ci est montée à l'extrémité d'une tige 41 qui peut coulisser, parallèlement aux aiguilles 31, à l'intérieur d'une pièce tubulaire 42 fixée à la platine 39. Un ressort 43 rappelle la 15 plaque d'appui 40 en position de butée la plus éloignée de la platine 39.

La plaque d'appui 40 fait face aux extrémités des aiguilles 31 et présente des perforations 45 à travers lesquelles passent les aiguilles lors de leur mouvement alternatif. 20

Ainsi, la tête d'aiguilletage 30 constitue un ensemble autonome, avec son propre moteur d'entraînement, porté par le bras de robot. Le moteur est commandé par l'unité de commande 28 à laquelle il est relié par un câble souple 44.

La tête d'aiguilletage est avantageusement interchangeable, en totalité ou en partie, pour être adaptée à la forme et aux dimensions de la préforme fibreuse. Ainsi, l'ensemble 25 d'aiguilles 31 pourra comporter un nombre plus ou moins grand d'aiguilles.

L'installation d'aiguilletage décrite ci-dessus fonctionne comme suit. 30

L'outillage de support 10 constitue une forme dont la surface extérieure correspond à la forme de la préforme fibreuse à réaliser. Dans l'exemple illustré par la figure 1, il s'agit d'une forme approximativement paraboloidale pour réaliser la partie frontale, ou nez, d'un avion spatial. 35

L'outillage de support est en un matériau pouvant être facilement usiné ou moulé, par exemple un polystyrène expansé. Il est recouvert par un feutre d'embase 11 (figure 4), par exemple en polyéthylène dans lequel peuvent pénétrer les aiguilles lors de l'aiguilletage des premières couches de la préforme. Sur le feutre d'embase est collée une feuille 12, par exemple en polychlorure de vinyle. Au cours de l'aiguilletage, la feuille 12 est traversée par les aiguilles mais évite que des fibres de la préforme fibreuse ne soient incrustées dans le feutre d'embase, ce qui compliquerait l'enlèvement de la préforme terminée.

La préforme fibreuse est formée par des strates superposées 13 d'une texture fibreuse. Celle-ci est par exemple constituée par un tissu déformable préaiguilleté avec un voile de fibres. Le tissu et le voile sont en des fibres du matériau choisi pour la préforme, ou d'un précurseur de ce matériau plus apte à subir une opération d'aiguilletage. Pour des applications à hautes températures, la préforme est formée par exemple à partir de fibres en carbone, ou de fibres en polyacrylonitrile (PAN) préoxydé, précurseur du carbone, ou de fibres céramiques, ou encore de fibres en un précurseur d'une céramique. La transformation du PAN préoxydé en carbone ou d'un précurseur de céramique en céramique est réalisée par traitement thermique, après élaboration de la préforme.

A chaque superposition d'une nouvelle strate sur l'outil-lage de support, cette strate est aiguillée sur la structure sous-jacente (figure 5). Avantageusement, la profondeur de pénétration des aiguilles dans la structure est constante pendant tout le processus d'aiguilletage.

La tête d'aiguilletage est commandée en position et en orientation pour réaliser l'aiguilletage de chaque strate suivant des trajectoires préétablies et une direction d'incidence pré-déterminée, généralement normale à la strate dans la zone d'aiguilletage.

La position de la tête d'aiguilletage est définie de manière à amener la plaque d'appui 40 contre la strate à aiguilletage.

letter, en exerçant une pression sur celle-ci au moyen du ressort 43 (figure 5). La pression exercée par la plaque d'appui est avantageusement contrôlée en comprimant le ressort 43 d'une quantité pré-déterminée. La compression du ressort est réalisée par le positionnement approprié de la tête par rapport à la dernière strate mise en place sur l'outillage.

En variante, la pression contrôlée exercée par la plaque d'appui pourrait être exercée par un vérin fixé sur la tête d'aiguilletage et dont la tige porte la plaque d'appui.

Avantageusement, on pourra conférer à la plaque d'appui une forme légèrement courbe pour qu'elle puisse s'adapter approximativement au profil des strates drapées sur l'outillage 10, sur toute la surface des strates.

La plaque d'appui autorise le passage des aiguilles 31 à travers les perforations 45 mais retient des fibres qui pourraient être entraînées par les aiguilles lors de leur retrait de la structure aiguilletée, remplissant ainsi une fonction de déboufrage. En outre, la pression exercée par la plaque d'appui assure le maintien en place de la dernière strate drapée et permet un compactage de la structure fibreuse au moment de l'aiguilletage.

Avantageusement encore, afin de croiser les trajectoires d'aiguilletage d'une strate à l'autre, et d'éviter ainsi la formation de plans privilégiés d'aiguilletage dans la préforme, la table 19 portant l'outillage de support est tournée d'un certain angle, par exemple 60°, après l'aiguilletage de chaque strate.

Après aiguilletage de la dernière strate, la préforme aiguilletée est retirée de l'outillage de support 10, le feutre d'embase 11 et la feuille de séparation 12 étant pelés. La préforme peut alors être densifiée, par exemple par infiltration chimique en phase vapeur, pour obtenir la pièce désirée en matériau composite.

Dans la description qui précède, il a été envisagé l'utilisation d'un robot pour commander la position et l'orientation de la tête d'aiguilletage. Comme déjà indiqué, il est aussi possible de monter la tête d'aiguilletage sur la broche porte-outil d'une

machine d'usinage à commande numérique offrant les degrés de liberté souhaités.

Dans ce dernier cas, un entraînement des aiguilles par la broche de la machine d'usinage peut être envisagé.

REVENDICATIONS

05 1. Installation pour la réalisation de préforme fibreuse aiguilletée destinée à la fabrication de pièce en matériau composite, caractérisée en ce qu'elle comporte :

10 - un outillage de support (10) dont la forme correspond à celle de la préforme à réaliser et sur lequel peuvent être drapées en couches superposées des strates d'une texture fibreuse bidimensionnelle,

15 10 - une tête d'aiguilletage (30) comprenant un groupe d'aiguilles (31), un dispositif d'entraînement des aiguilles en mouvement alternatif de translation parallèlement à elles-mêmes, et une plaque d'appui (40), munie de perforations (45) pour le passage des aiguilles, et susceptible d'être appliquée avec pression contre une strate drapée sur l'outillage de support,

15 15 - un bras (25) portant la tête d'aiguilletage et possédant plusieurs degrés de liberté, et

20 20 - un dispositif (28) de commande automatique de déplacement du bras pour mouvoir la tête d'aiguilletage, dans le rayon d'action du bras, suivant des trajectoires et avec des orientations prédéterminées.

25 2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le bras (25) possède au moins six degrés de liberté.

25 3. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que l'outillage de support (10) est fixé sur une table mobile ayant plusieurs degrés de liberté.

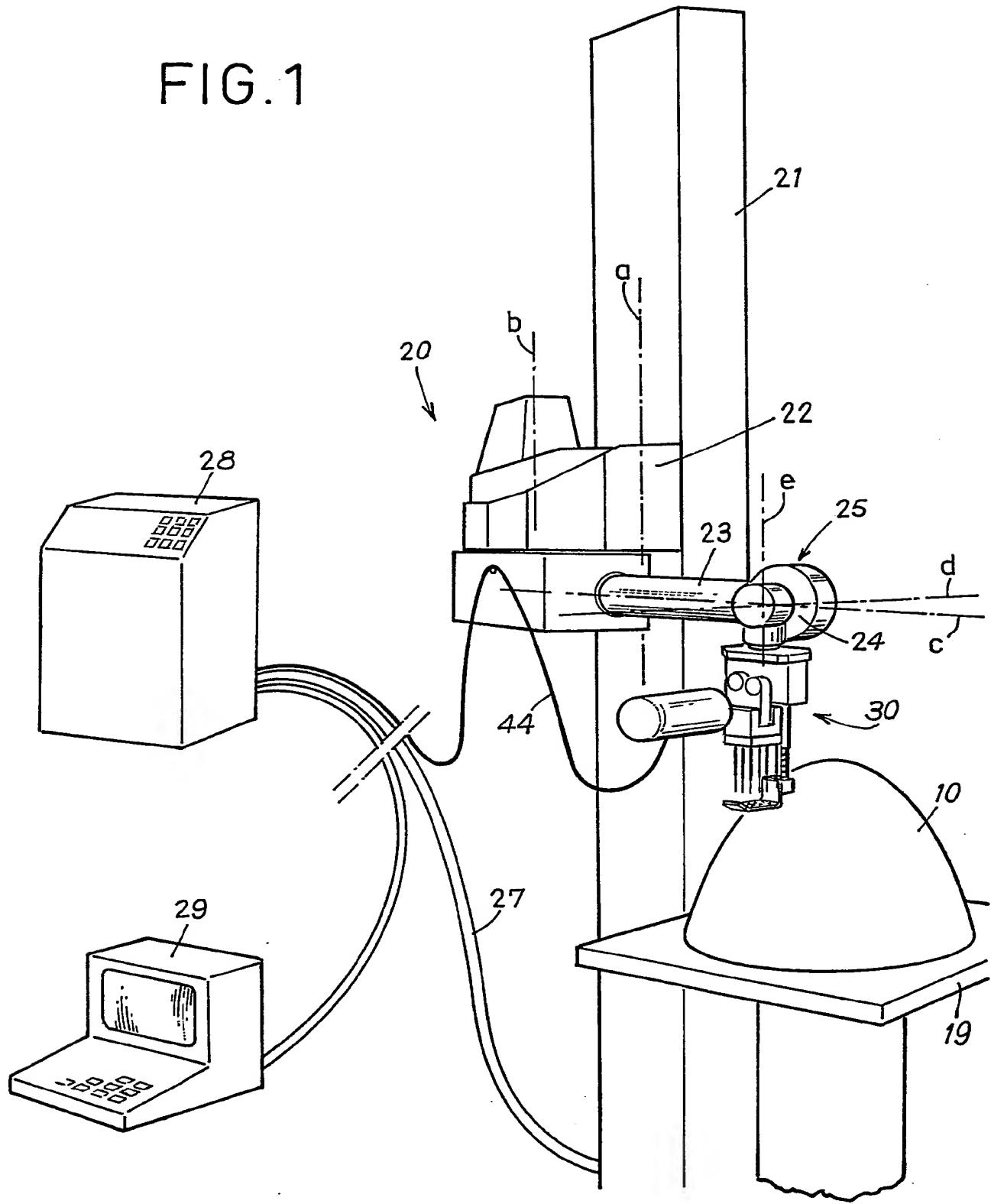
30 4. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la plaque d'appui (40) est mobile parallèlement aux aiguilles en étant rappelée par un ressort (43) de manière à pouvoir être appliquée avec pression contre les strates à aiguilleter.

30 5. Installation selon la revendication 4, caractérisée en ce que la pression exercée par la plaque d'appui sur les strates à aiguilleter est contrôlée.

6. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la plaque d'appui est portée par un vérin pour être appliquée avec pression contre les strates à aiguilleter.

05 7. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la plaque d'appui a une forme sensiblement adaptée à celle des strates à aiguilleter drapées sur l'outillage de support.

FIG.1



2 / 3

FIG. 2

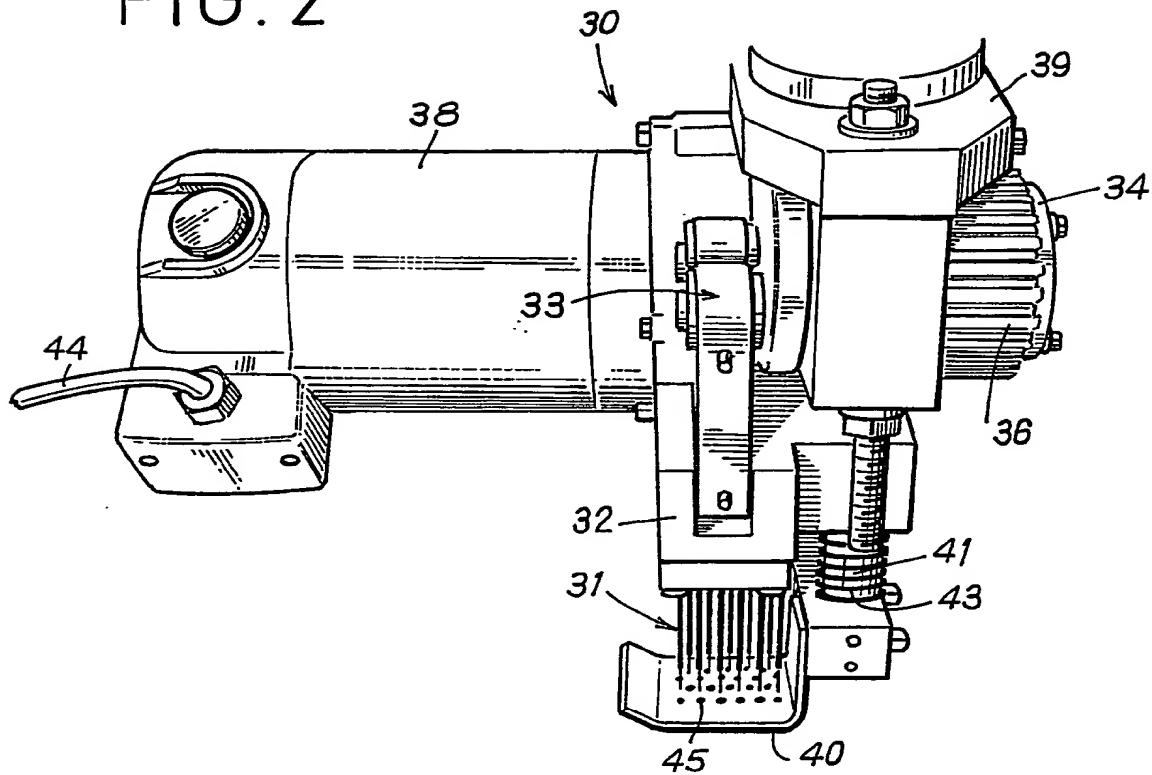
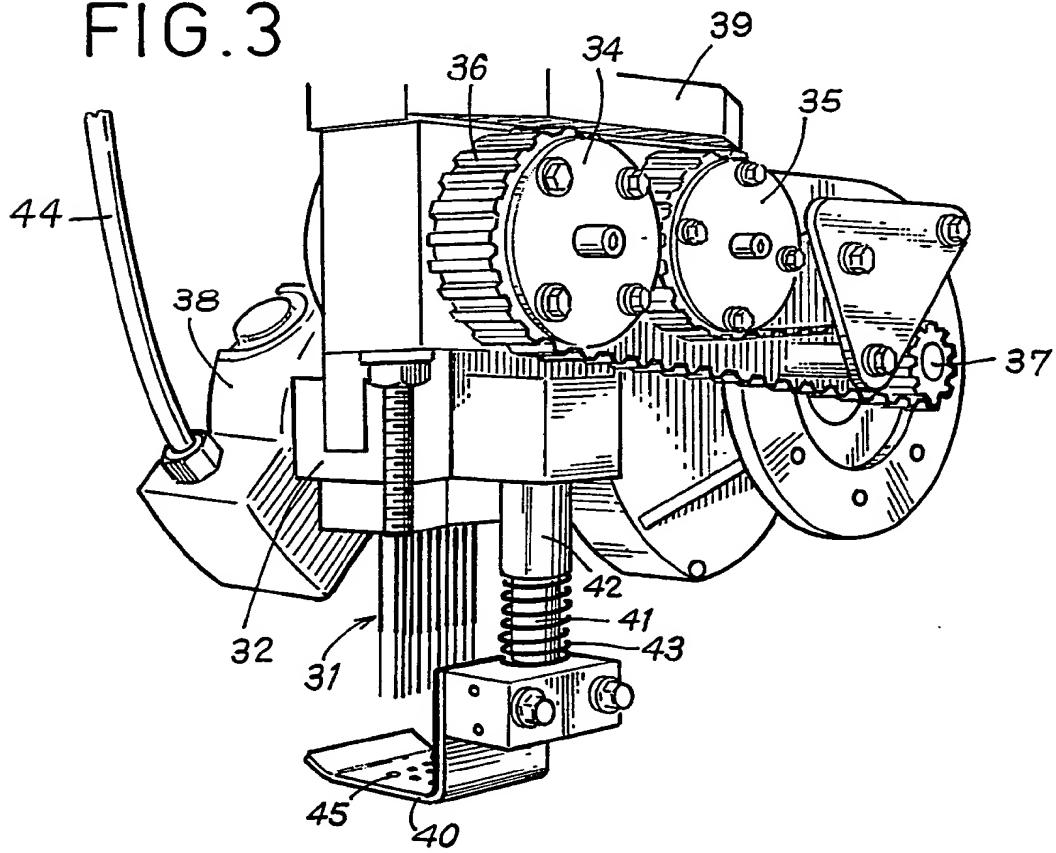


FIG. 3



3 / 3

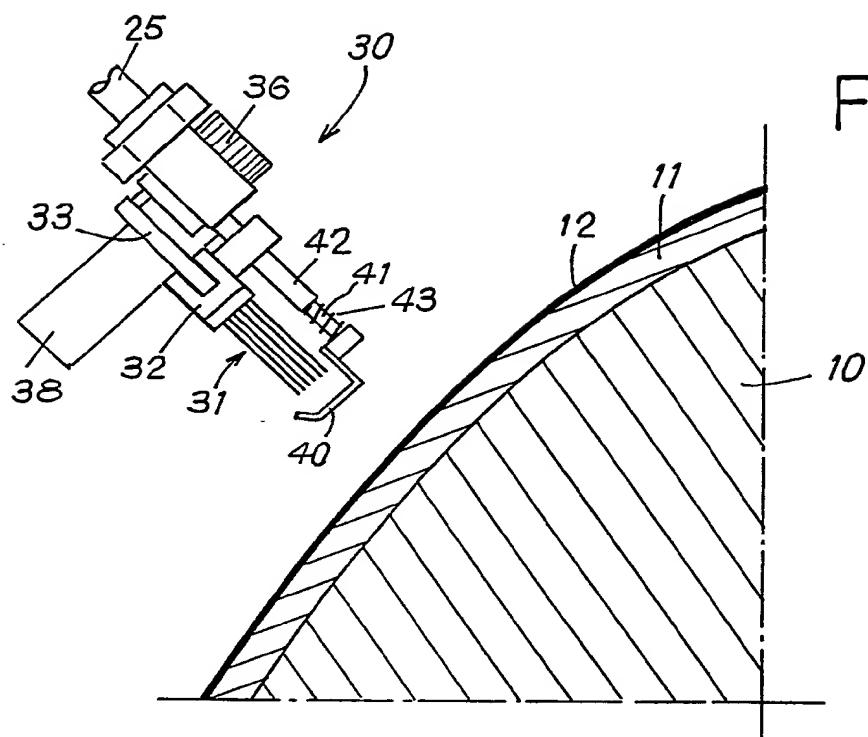


FIG. 4

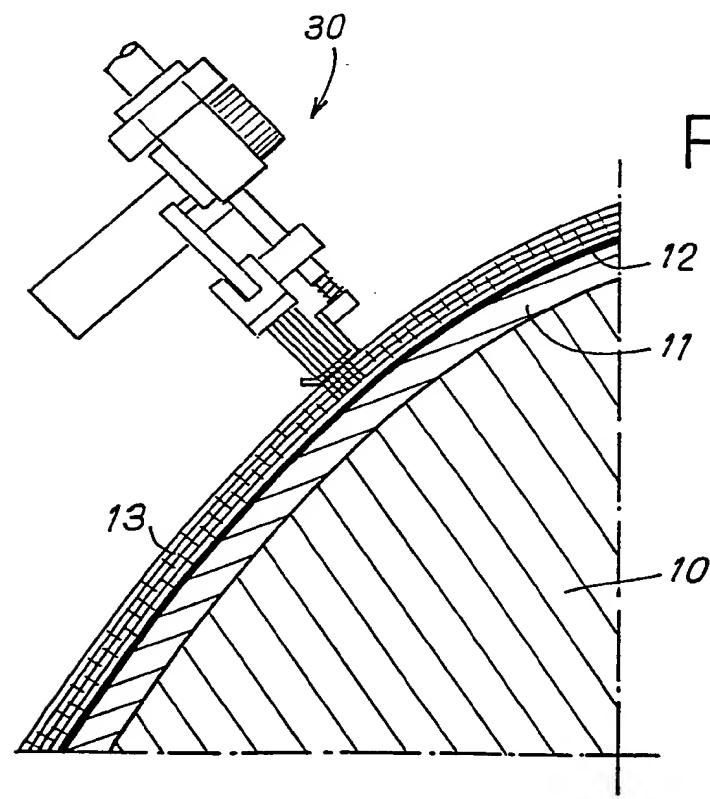


FIG. 5

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheFR 9015126
FA 452109

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	GB-A-2126612 (WOOL DEVELOPMENT) * le document en entier * ----	1, 3, 5
A	US-A-4628846 (SOCIETE EUROPEENNE DE PROPULSION) * le document en entier * ----	1-3
D, A	EP-A-147297 (SOCIETE EUROPEENNE DE PROPULSION) * le document en entier * ----	1-7
A	GB-A-2010350 (I.W.S.) -----	
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 5)		
D04H		
Date d'achèvement de la recherche 07 AOUT 1991		Examinateur DURAND F.C.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

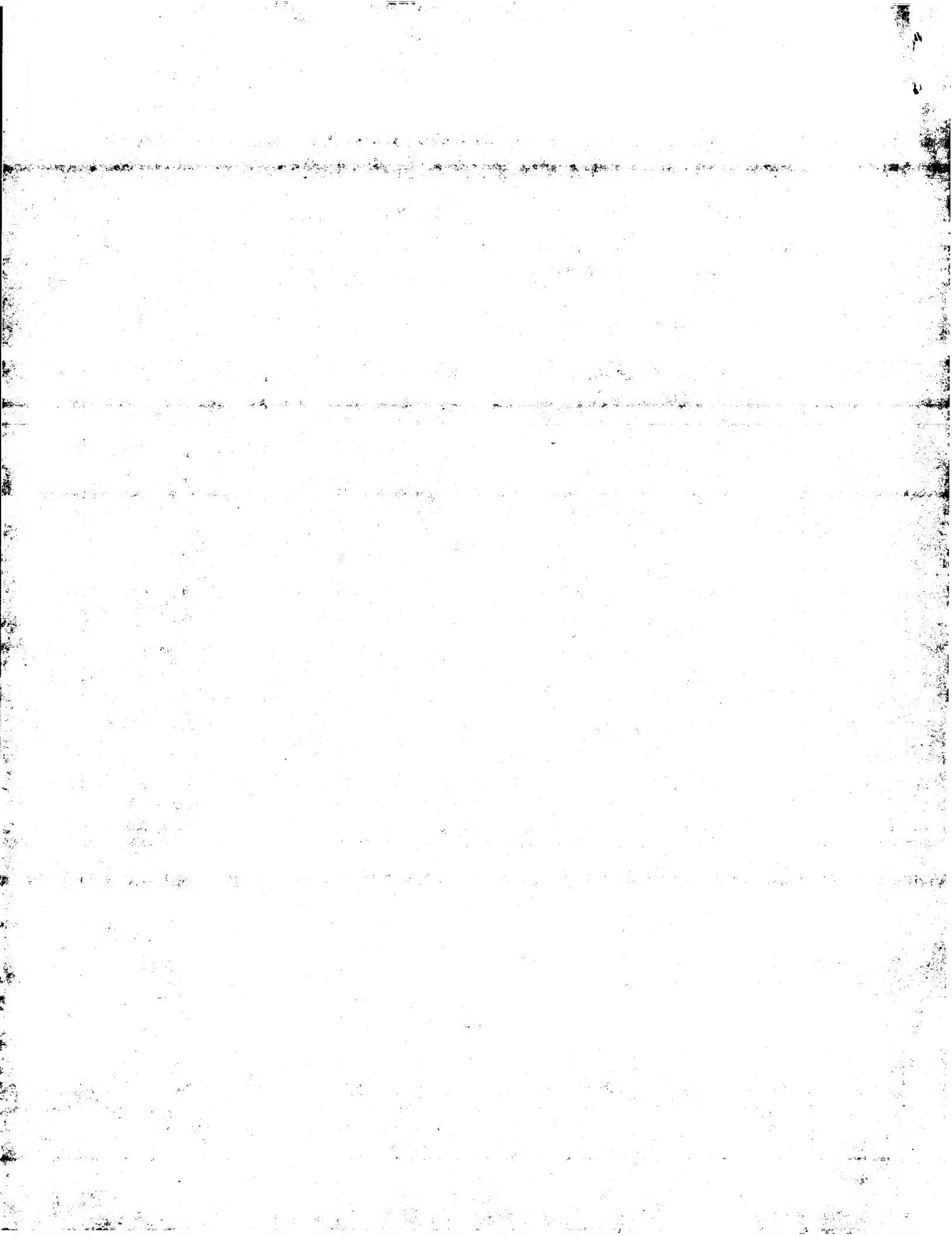
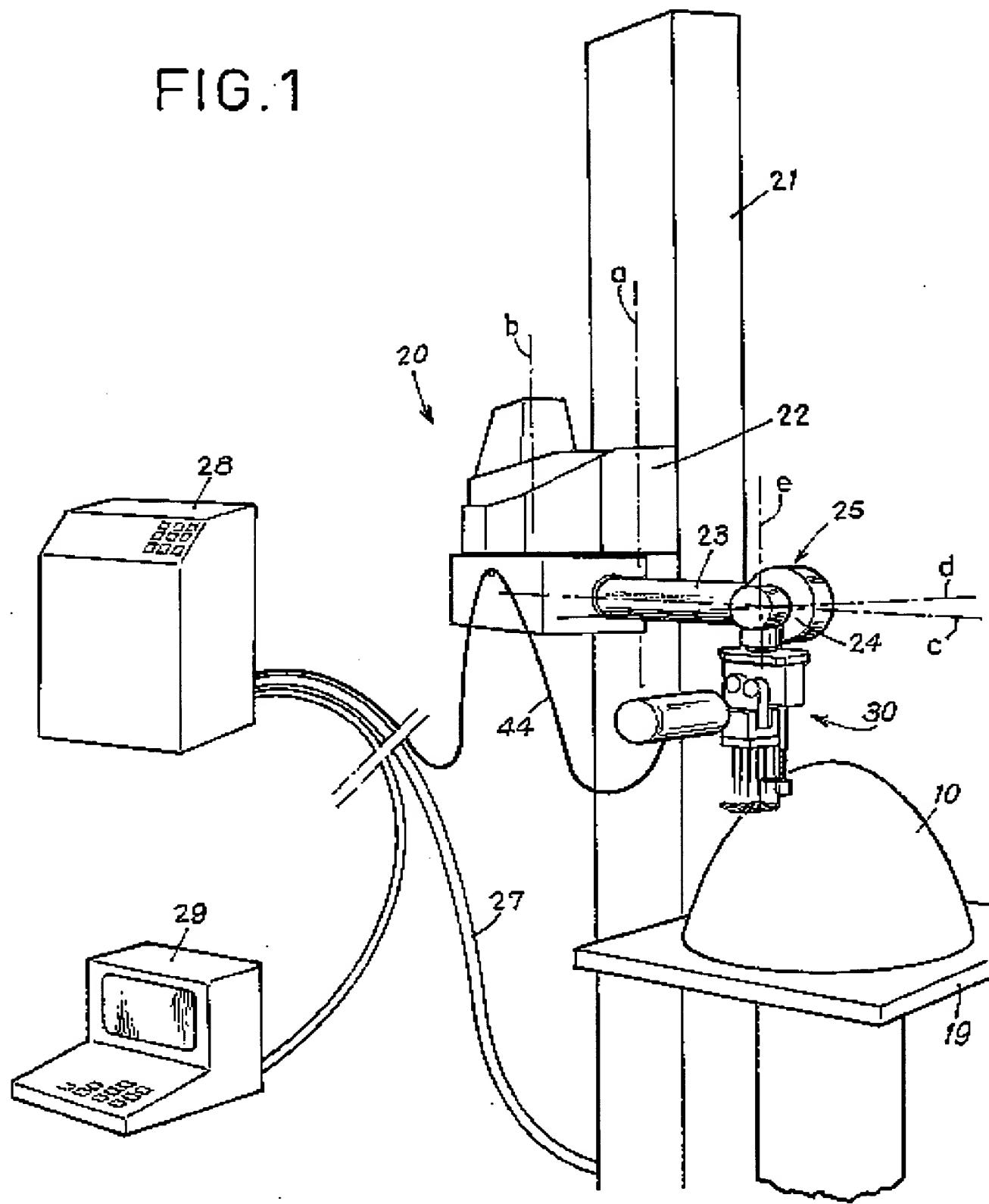


FIG.1



2 / 3

FIG. 2

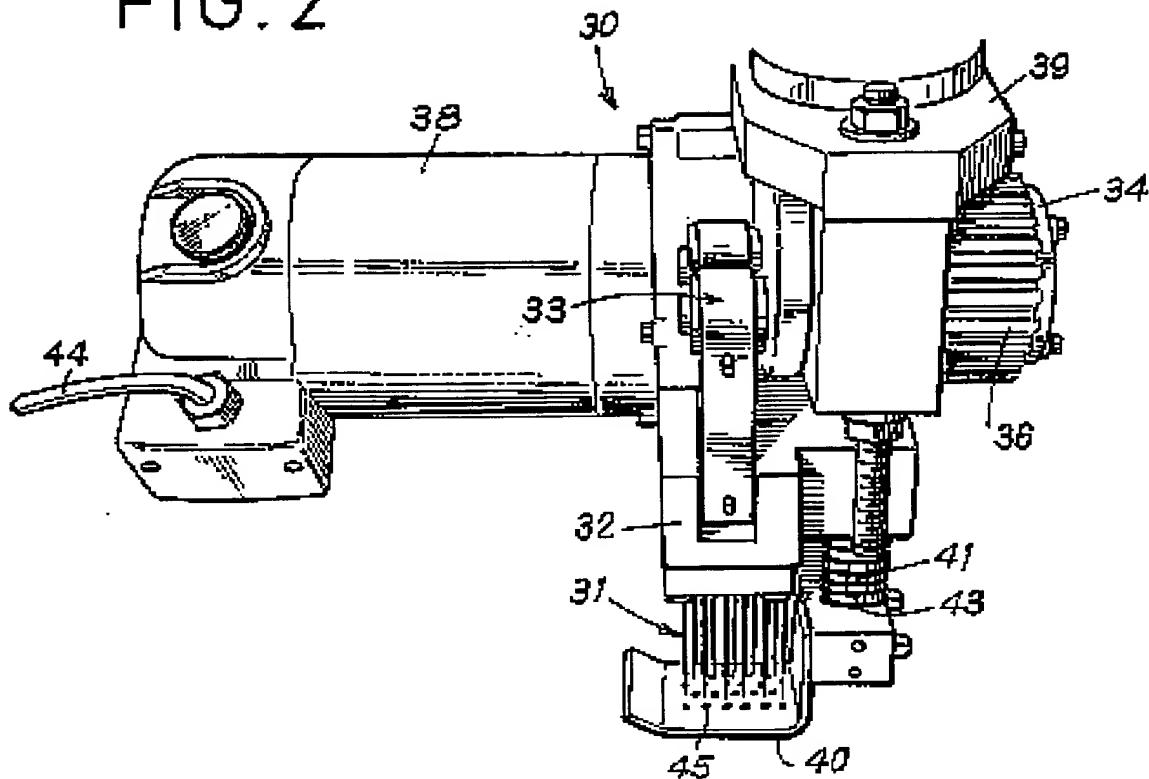
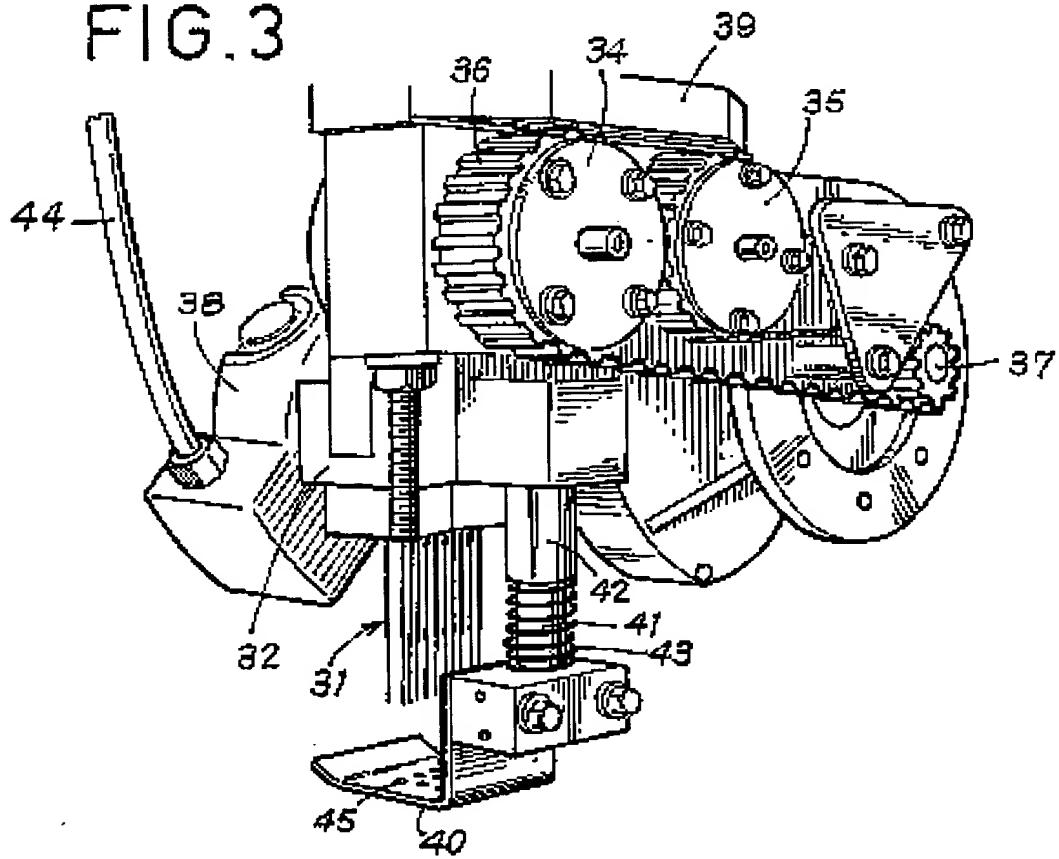


FIG. 3



3 / 3

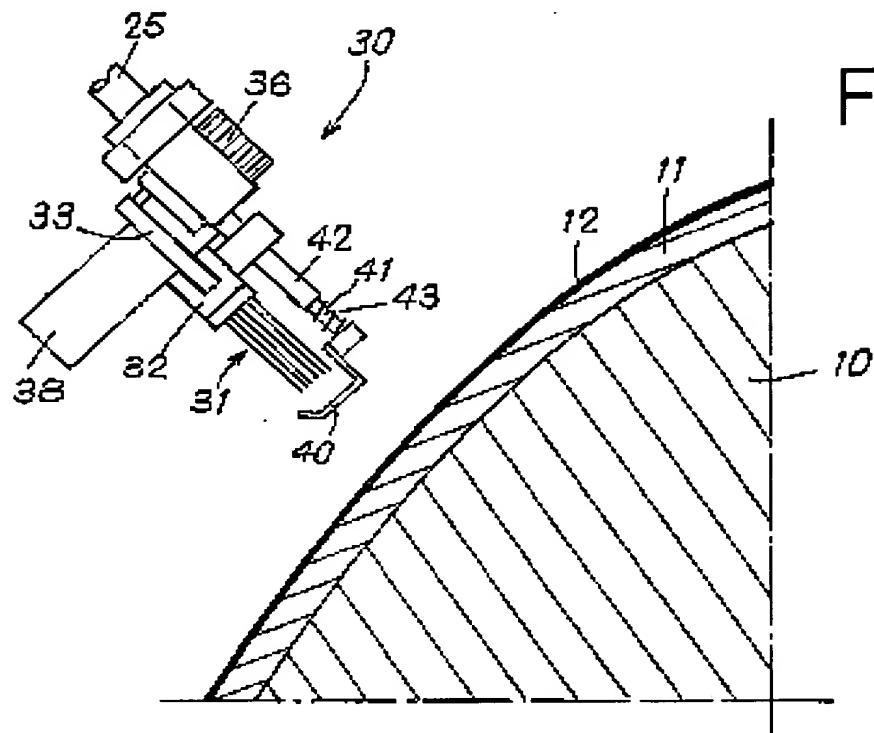


FIG. 4

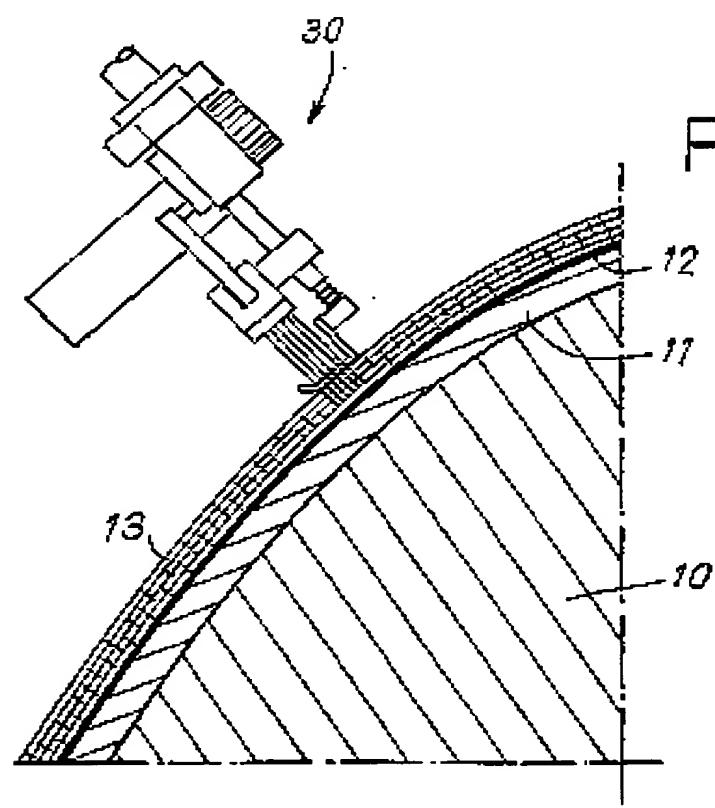


FIG. 5

